



TITLE:

擬二次元遍歴電子層状化合物における強磁性量子臨界点近傍の物性(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

今井, 正樹

CITATION:

今井, 正樹. 擬二次元遍歴電子層状化合物における強磁性量子臨界点近傍の物性. 京都大学, 2016, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19512>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2017-01-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	今井 正樹
論文題目	擬二次元遍歴電子層状化合物における強磁性量子臨界点近傍の物性		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は層状コバルト燐化物ACo_2P_2($A = \text{アルカリ土類、希土類金属}$)の遍歴電子磁性について報告したものである。ThCr_2Si_2型構造($I4/mmm$)のACo_2P_2は稜共有したCoP四面体層とA層が交互に積層した構造であり、磁性を担うCoが擬二次元平面を形成している。これらの化合物中では、Co面内に強磁性相互作用が働いている。その中でもSrCo_2P_2は交換増強された常磁性体であり、強磁性量子臨界点に近い物質であると考えられ、擬二次元遍歴電子磁性体の量子臨界点近傍の物性を研究する良い舞台である。本論文ではSrCo_2P_2を中心に物性探索を行い、それらの磁性を特徴づける動的磁化率をスピン揺らぎの理論を基に解析し、考察を行っている。主な内容は(1)LaCo_2P_2の遍歴電子磁性、(2)ACo_2P_2($A = \text{Ca, Sr, Ba}$)の遍歴電子磁性、(3)遍歴電子メタ磁性体SrCo_2P_2の置換効果である。</p> <p>(1)遍歴電子強磁性体LaCo_2P_2の単結晶試料を合成し、磁化の温度・磁場依存性の測定および^{31}P核のNMR測定を行った。強磁性体の場合はスピン揺らぎの理論を用いた解析により、磁化の情報から動的磁化率を特徴づけるスピン揺らぎのパラメータが得られる。NMR測定ではKnightシフトや核スピン-格子緩和率$1/T_1$から動的磁化率の周波数空間における半値幅に対応したスピン揺らぎのパラメータT_0を直接求めることが出来る。NMR測定から求めたCo面内および面直方向のT_0に優位な差が無く、また磁化から得られたT_0と良い一致を示した。この結果はLaCo_2P_2のスピン揺らぎが3次的であることを示している。(2) ACo_2P_2($A = \text{Ca, Sr, Ba}$)の試料合成、磁化およびNMR・μSR測定を行った。磁化率はいずれもCurie-Weiss則に従う温度変化を示す。磁化測定および^{31}P核のNMR測定によりSrCo_2P_2が全温度領域で常磁性であり、磁化率は$T_{\text{max1}} = 25 \text{ K}$および$T_{\text{max2}} = 110 \text{ K}$に極大を示すことを明らかにした。さらに、パルス強磁場による磁化過程の測定により600 kOeで遍歴電子メタ磁性転移を示すことを発見した。これらの結果はSrCo_2P_2が強磁性量子臨界点近傍の物質であることを示している。(3) 遍歴電子メタ磁性体SrCo_2P_2の置換効果について記述する。常磁性領域の$\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ ($x \leq 0.5$)の磁化率$\chi(T)$はxの増加に伴い増大し、極大の温度T_{max2}が減少する。この領域では強磁場磁化過程において遍歴電子メタ磁性転移が観測され、メタ磁性転移磁場がCa置換量xの増加と共に低下した。これは$x = 0.5$付近に量子臨界点が存在することを示している。さらに、^{31}P核のNMR測定を行いスピン揺らぎのパラメータT_0を求め結果、SrCo_2P_2ではCo面内および面直方向のT_0の異方性が大きく、磁気秩序するCaCo_2P_2では異方性が小さくなった。そして、$\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$のメタ磁性転移磁場および$T_{\text{max2}}$がCo面内の$T_0$、所謂スピンの縦揺らぎと相関していることを示した。</p> <p>本研究成果は遍歴電子メタ磁性体の巨視的な磁気物性と微視的なスピン揺らぎを結びつける重要な成果と考えられる。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

物性科学の分野、特に高温超伝導体や重い電子系を代表とした強相関電子系において量子臨界現象について精力的に研究されている。特に伝導電子が磁性も同時に担っている遍歴電子系では、Moriyaらのスピン揺らぎの理論により量子臨界点の近傍の物性が予言され、様々な物質において検証されてきた。しかしながら、2次元強磁性の遍歴電子系は物質例が乏しく普遍的な量子臨界現象の振る舞いを理解する上で系統的な研究が求められている。

以上のことから申請者は層状構造の遍歴電子磁性体 ACo_2P_2 ($A = \text{Ca, Sr, Ba, La}$)に着目し、それらの部分置換試料も含めた試料合成を行い、磁化測定やNMR測定による系統的な研究を行うことで、以下のような知見を得ている。

(1) LaCo_2P_2 は転移温度133 Kの遍歴電子強磁性体であり、磁化曲線はスピン揺らぎのTAC-GC理論(Takahashi理論)におおよそ従う振る舞いを示した。遍歴電子磁性体を特徴づける動的磁化率の情報は ^{31}P 核のNMR測定によって求められ、それらの結果は磁化測定結果とも良い一致を示した。スピン揺らぎの理論を用いた解析により、 LaCo_2P_2 のスピン揺らぎは等方的であり、相互作用が3次元的である事が明らかになった。

(2) 申請者はNMR測定や μSR 測定による微視的な立場から SrCo_2P_2 が強磁性相互作用を有する交換増強された常磁性体であることを明らかにし、加えて強磁場磁化測定により遍歴電子メタ磁性転移を発見した。磁気秩序を示す LaCo_2P_2 とは対照的に SrCo_2P_2 のスピン揺らぎが異方的であり、相互作用が擬二次元的であることをNMR測定により明らかにした。

(3) $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ において、 x が量子臨界点($x = 0.5$)に向かい増大するのに伴いメタ磁性転移磁場が低下することを見いだした。そして、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ のメタ磁性転移磁場および $T_{\text{max}2}$ がCo面内のスピン揺らぎのパラメータ T_0 と相関していることを見いだした。 T_0 はスピン密度の振幅の変化つまりスピンの縦揺らぎと相関するパラメータであり、申請者は面内のスピンの縦ゆらぎにより磁気秩序状態が抑制されていると論じている。

このように系統的に擬二次元遍歴電子磁性体の物性評価を巨視的・微視的両面から行い、遍歴電子メタ磁性転移を発見したこと、およびその巨視的な磁性と微視的なスピン揺らぎの視点から論じている点は意義深い。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年1月12日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降